



**LIGUE DE FRANCHE COMTE**

# COLLOQUE

**NITROX**

**TRIMIX**

**RECYCLEUR**



Organisé par

**Le Comité Départemental de Haute Saône**

**VESOUL - Novembre 2004**

## LES INTERVENANTS

**Penny GLOVER** : Instructeur National BSAC (fédération de plongée Anglaise), Instructor Trainer TDI pour : Trimix, et recycleurs Inspiration et Draeger.

**Renaud JOURDAN** : MF 2, Instructeur Régional, moniteur Nitrox confirmé, moniteur IANTD recycleur Draeger.

**Laurent MARCOUX** : MF 2, Instructeur Régional, Moniteur Nitrox confirmé, Médecin Fédéral, Président de la Commission Technique Départementale 67, plongeur Trimix TDI.

**Cédric MOMAS** : MF 2, moniteur Nitrox confirmé, Instructeur Nitrox et Trimix TDI, Plongeur recycleur Inspiration, Draeger. Moniteur recycleur Submatix.

**Sylvain REDOUTEY** : Plongeur Spéléonaute, concepteur et réalisateur de ses recycleurs

**Bernard SCHITTLY** : MF 2, moniteur Nitrox confirmé, Médecin Fédéral, plongeur Trimix TDI, plongeur recycleur Draeger et Inspiration TDI.

### Réserve de propriété

Aux termes de l'article 40 de la loi du 11 mars 1957 : « Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement des auteurs ou de ses ayants cause est illicite. »

Aussi toute représentation ou reproduction par quelque moyen que ce soit, ne respectant pas la législation en vigueur (sans autorisation des auteurs ou de la Ligue de Franche Comté FFESSM) constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 à 429 du Code Pénal.

## Le mot du Président

Ce n'est certainement pas en quelques heures, malgré la très grande compétence de nos intervenants, que nous parviendrons à faire le tour de tous les problèmes posés par la plongée aux mélanges.

Nous essaierons néanmoins, dans le temps disponible, d'aborder les techniques et matériels à mettre en œuvre, mais aussi de faire le point sur les risques inhérents à ce type de plongée et les procédures à mettre en place afin de pouvoir y goûter et la pratiquer en toute sécurité.

Nous espérons que ce colloque vous apportera toutes les réponses aux questions que vous pouviez encore vous poser quand aux problèmes posés par cette plongée du futur pour beaucoup d'entre vous, mais d'aujourd'hui pour nos intervenants.

Merci très sincèrement à eux, car nous n'aurions pu mettre en place ce colloque sans leur implication profonde.

Charlie GOUIN.

## Sommaire

La plongée au Nitrox par Laurent MARCOUX	p : 2
La plongée au Trimix par Cédric MOMAS	p : 11
La plongée au Recycleur par Renaud JOURDAN	p : 16
Les Accidents au Trimix et au Recycleur par Bernard SCHITTLY	p : 22

# LA PLONGEE AU NITROX

par Laurent MARCOUX (I.R, Cté EST FFESSM)

## DEFINITIONS

- NITROX : abréviation de NITRogen (= azote) et OXYgen
- Mélange respiratoire composé d'oxygène et d'azote avec proportions différentes de celle de l'air.
- Convention : Nitrox X/Y : X % d'O<sub>2</sub> et Y % N<sub>2</sub>.  
Exemple : Nitrox 40/60 = 40% O<sub>2</sub> + 60 % N<sub>2</sub>.
- Le plus connu : l'air atmosphérique : Nitrox 21/78.
- En plongée : mélange suroxygénés : Surox ou Enriched Air Nitrox (EAN), ou sous oxygénés (Trimix : N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> +He)
- Deux autres mélanges sont couramment utilisés dans le monde : 32/68 (EAN32) et 36/64 (EAN36).

## AVANTAGES DU NITROX

- Moins d'azote dissous, donc par rapport à l'air :
  - meilleure sécurité si utilisation tables à l'air, diminution théorique risque ADD pour même plongée,
  - augmentation durée plongée sans palier,
  - diminution durée paliers pour même plongée à l'air,
  - diminution de la consommation environ 10 à 15 %, diminution sensation de fatigue après plongée.

## INCONVENIENTS DU NITROX

- Limitation profondeur par rapport à l'air plongées en général < 40 mètres. • Risques toxicité O<sub>2</sub> : hyperoxie :
  - FFESSM : PpO<sub>2</sub> maxi = 1,6 bar (1,4 si froid ou travail)
  - IANTD : fond = 1,4 bar, déco = 1,6 bar
- Procédures strictes / profondeur, manipulation des gaz plus contraignante, surcoût de la plongée.

## ELEMENTS DE PHYSIQUE

- Pression :  $P \text{ abs} = P \text{ atm} + P \text{ hydro}$ .
- Loi de Dalton :  $PpO_2 = P \text{ abs} \times (\% O_2)$  : → PpO<sub>2</sub> en fonction profondeur et % O<sub>2</sub>  
et  $P \text{ abs} = PpO_2 / (\% O_2)$  → Profondeur maxi choisie pour PpO<sub>2</sub> donnée.

## CALCUL DE LA TOXICITE DE L'O2

- Calcul de la profondeur maxi avec  $PpO_2 = 1,6$  bar :
  - Air (Nitrox 21/78) :  $Pabs = 1,6 / 0,21 = 7,6$  bar → 66 m
  - Nitrox 30/70 :  $Pabs = 1,6 / 0,3 = 5,3$  bar → 43 m
  - Nitrox 40/60 :  $Pabs = 1,6 / 0,4 = 4$  bar → 30 m
  - Oxygène pur :  $Pabs = 1,6 / 1 = 1,6$  bar → 6 m

## CALCUL DE LA DECOMPRESSION

- Avec le Nitrox : la dissolution d'azote diminue.
- Pour la calculer, on peut utiliser soit :
  - tables adaptées au Nitrox : ex table Nitrox 40/60
  - ordinateur Nitrox
  - tables à l'air : en utilisant une « profondeur équivalente »

## PROFONDEUR EQUIVALENTE (PE)

- Profondeur fictive correspondant à même saturation en N2 que si on respirait de l'air (à la même profondeur)
- Comme Nitrox contient moins de N2 : PE toujours inférieure à la profondeur réelle, donc moins de paliers qu'à l'air

Exemple de calcul

- Plongée à 30 m avec un Nitrox 40/60
  - 1) Calcul de la  $PpN_2$  avec Nitrox (Dalton) :  $PpN_2 = 4 \text{ bar} \times 0,6 = 2,4$  bar
  - 2) On cherche la pression absolue équivalente à laquelle on aurait  $PpN_2 = 2,4$  bar en respirant de l'air (Dalton)  
→  $P \text{ abs} = PpN_2 / (\%N_2) = 2,4 / 0,79 = 3,04$ , donc Prof E = 20, 04 m.
  - 3) On entre dans table MN 90 avec valeur sup. = 22 m

On peut aussi obtenir directement  $PabsE = Pabs \times \%N_2 \text{ Nitrox} / 79$ .

Dans notre exemple  $PabsE = 4 \times 60 / 79 = 3,04$  bar

Ou si l'on veut le résultat en mètres :  $PE \text{ (en m)} = (P \text{ réelle} + 10) \times \%N_2 \text{ Nitrox} / 79 - 10$

Dans notre exemple  $PE = ((30+10) \times 60 / 79) - 10 = 22$  m

**Attention !!!** Avant de se lancer dans les calculs, toujours vérifier d'abord que la plongée soit faisable, donc que  $PpO_2 \text{maxi} = 1,6$  bar.

Dans notre exemple : Nitrox 40/60 et Prof = 30 m, on a :  $PpO_2 = 4 \text{ bar} \times 0,4 = 1,6$  bars. Plongée possible, mais à profondeur maxi autorisée.

**Avant d'aborder le Nitrox → bonne acquisition stabilisation !**

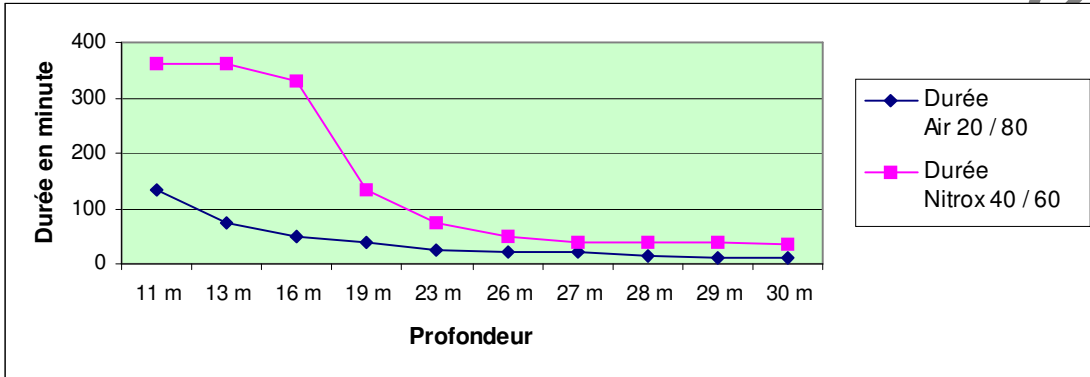
## Comparaison Profondeur Air/Profondeur équivalente Nitrox

P Réelle à l'air	20m	22m	25m	28m	30m	32m	35m	38m	40m
PE Nitrox (40/60)	15m	15m	18m	20m	22m	PO2 sup à 1,6 bar			
PE Nitrox (30/70)	18m	20m	22m	25m	28m	28m	30m	35m	35m

Par ex : plongée « carrée » de 20 min à 40 m. Palier avec air = 1' à 6m + 9' à 3m, palier avec Nitrox 40/60 = 5' à 3m (-50%)

## COURBE DE SECURITE : DUREE PLONGEE AIR / NITROX 40/60

Profondeur	11 m	13 m	16 m	19 m	23 m	26 m	27 m	28 m	29 m	30 m	32 m	35 m	40 m
Durée Air 20 / 80	135	75	50	40	25	20	20	15	10	10	10	10	5
Durée Nitrox 40 / 60	360	360	330	135	75	50	40	40	40	35	PPO2 > 1,6 bar		



### TABLES DE PLONGEE

- Table AIR (MN90, MT 92 ...) : avec calcul PAE, Table NITROX F.F.E.S.S.M., Table NITROX I.A.N.T.D.

- Table NITROX BULHMANN, AUTRES, Ordinateurs NITROX

#### Tables NITROX FFESSM

- 3 tables : Nitrox 40/60 ; 36/64 ; 32/68 + modèle immergeable
- Extrapolation MN90 sans modification du modèle : même durée paliers Nitrox / air (sécurité), même vitesse, remontée Nitrox / air, même procédure consécutives et successives
- Paliers à 3m + paliers à l'O2 pur : règle du tiers avec minimum de 5 mn. si moins de 5mn = durée identique / air

### RECOMMANDATIONS FFESSM

- Pas de paliers O2 pur à 6m : PpO2 = 1,6 bar limite toxicité SNC
- Durée maximale de plongée = 2h • Profondeurs limites : si PpO2 > 1,5 b indiquées en grisé profils dangereux si :
  - Erreur profondimètre, mauvais réglage % O2 Nitrox
  - Erreur plongeur : vigilance, défaut stabilisation.
- Ne pas réaliser l'ensemble de la plongée à la profondeur maxi admissible (toxicité O2).

### PLONGEE EN ALTITUDE

- Utilisation méthode de la profondeur fictive.
- Pour éviter erreurs de calcul, 2 tables de correspondances calculées : prof. fictive / altitude et prof. palier / altitude

- Méthodologie : déterminer profondeur réelle de la plongée et déterminer l'altitude locale (ou P atm).
- Lire profondeur fictive, choisir table Nitrox correspondant à la P fictive.

## ORDINATEURS DE PLONGEE NITROX

- Permettent de programmer % Nitrox et la Pp O2 maxi  
Remq : si on programme 21 % → ordinateur air
- Profondeur affichée : profondeur réelle, pas fictive ni équivalente.
- Paliers toujours affichés de 3 m en 3 m ou sur certains modèles en continu avec profondeur plafond.
- Prise en compte de la toxicité de l'Oxygène : compteur SNC ou OTU
- Parfois : possibilité de prendre en compte des paliers à l'O2 pur par repérage de l'arrêt respiratoire sur le bloc Nitrox

## ACCIDENTS

Deux types :

- Effet Paul BERT: Exposition de courte durée à des Pabs supérieures à 1,6 b
- Effet LORRAIN-SMITH : Exposition de longue durée à des Pabs supérieures à 0,5 b

## EFFET PAUL BERT

- Toxicité de l'O2 sur le SNC si PPO2 > 1,6 bar
- Crise convulsive généralisée de type épileptique, apparition brutale,
- Facteurs favorisants : travail physique, hypercapnie, froid, fatigue, anxiété,
- Avec hyperoxie : pas de tolérance ni d'adaptation
- Mais certains sujets plus sensibles que d'autres (En caisson : O2 pur à 2,8 b, Nitrox 50/50 à 4 bar)

Déroulement de la crise :

- Parfois signes annonciateurs : nausée, vertiges, crampes, visuel (vision tunellaire), auditif (bourdonnements d'oreille), comportement (euphorie, agressivité).
- Mais le plus souvent : pas de signes annonciateurs → 3 phases :
  - tonique : contracture généralisée + apnée,
  - clonique : convulsions, morsure langue, perte d'urine, dépression
  - retour progressif à la conscience

Conduite à tenir :

- Eviter de remonter victime pendant phase tonique : risque de surpression pulmonaire, attendre phase clonique
- Maintien embout si possible, pas d'arrêt au palier,
  - à la surface : manœuvres de réanimation si nécessaire
  - évacuation vers un centre hyperbare

Prévention :

- Signes annonciateurs (si présents ....) : remontée immédiate,
- Respect de l'arrêté ministériel du 28 août 2000 - respect profondeur limite et temps d'exposition - utilisation de la table de limite d'exposition - utilisation ordinateurs de plongée Nitrox- pas O2 pur en dessous de 6 mètres - si eau froide e: ppO2 maxi = 1.4 bar

## Toxicité cumulée de l'O2 sur le SNC

- Concept Anglo Saxon : US Navy, NOAA : National Oceanic & Atmospheric Administration
- Repris par la plupart des fabricants d'ordinateurs Nitrox
- Toxicité l'O2 sur le cerveau (SNC) dépend de 2 facteurs PpO2 absolue temps d'exposition à cette PpO2
- Pour chaque plongée, calcul du temps d'exposition à une PpO2 donnée : pour plongée simple (en mn), pour successives : durée cumulée par jour (en mn/24h)

**Table de la NOAA**

<b>Durée maximale d'exposition en fonction des ppO2</b>		
<b>Pression partielle d'oxygène</b>	<b>Limite pour 24 h une seule plongée</b>	<b>Limite pour 24 h plusieurs plongées</b>
0.6 bar	720 mn	720 mn
0.7 bar	570 mn	570 mn
0.8 bar	450 mn	450 mn
0.9 bar	360 mn	360 mn
1.0 bar	300 mn	300 mn
1.1 bar	240 mn	270 mn
1.2 bar	210 mn	240 mn
1.3 bar	180 mn	210 mn
1.4 bar	150 mn	180 mn
1.5 bar	120 mn	180 mn
1.6 bar	45 mn	150 mn

## Notion de compteur SNC

- On calcule le temps passé à PpO2 donnée, on le rapporte au temps maximal autorisé par table NOAA ( % compteur SNC (CNS clock).

Exemple : 30 min à 30 m, Nitrox 40/60 PpO2 = 1,6 bar ( pour 1,6 bar, table NOAA donne 45mn maxi, donc compteur SNC =  $30/45 = 66,7\%$

( Prendre en compte d'éventuelles variations de profondeur (prendre prof maxi) + respiration éventuelle d'O2 pur au palier

( Tableau compteur SNC FFESSM : % compteur SNC calculé d'après tables NOAA.

( Tableau Air, Tableau Nitrox 40/60, 36/64, 32/6. Règles d'utilisation :

- Si %SNC = 90 % (FFESSM) ou 80 % (IANTD) : remontée surface et y rester 2 h minimum
- Si %SNC > 50 % rester en surface 45' min
- Si dépassement : arrêt des plongées

- NB : dans les 3 cas : respirer uniquement de l'air en surface, surtout pas d'O2 !

- Remise à Zéro du compteur au bout de 48 h



## EFFET LORRAIN - SMITH

( Toxicité de l'O<sub>2</sub> au niveau pulmonaire, Exposition de longue durée à PpO<sub>2</sub> > à 0,5 bar.

( Signes, en fonction de la durée d'exposition : gêne rétro sternale, toux, douleur, insuffisance et détresse ventilatoire, Œdème pulmonaire lésionnel, hypoxie, fibrose pulmonaire

( en principe, 1ers signes entre 2 et 6 h, donc pas de risque avec plongée en raison de l'autonomie, mais par précaution : pas de plongée Nitrox > 2 h

### Toxicité cumulée de l'O<sub>2</sub> au niveau pulmonaire

Même concept que pour toxicité SNC : UPTD : Unit Pulmonary Toxicity.

1 UPTD = respiration d 'O<sub>2</sub> pur pendant 1 mn à 1bar

Formule de calcul : Dose (UPTD) = Durée (mn) x Kp.

Coefficient Kp : table ou formule  $Kp = ((PpO_2 - 0,5)/0,5)0,83$

- USA : 1440 UPTD / jour maxi
- COMEX : B.Gardette : 600 UPTD maxi (sécurité caisson)
- Coefficient Kp en Fonction PpO<sub>2</sub>

PpO <sub>2</sub>	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05
Kp	0,15	0,26	0,37	0,47	0,56	0,65	0,74	0,83	0,92	1,00	1,08
PpO <sub>2</sub>	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60
Kp	1,16	1,24	1,32	1,40	1,48	1,55	1,63	1,70	1,78	1,85	1,93

- Système des OTU :

OTU = Oxygen Toxic Unity) - Concept anglo-saxon : Repex method, Essai d'unifier les des deux types de toxicité SNC et pulmonaire dans un concept de toxicité globale.

1 OTU = 1 UPTD soit 1 mn d'exposition à 1 bar (pression absolue ou partielle) d'oxygène.

Table des OTU : permet de quantifier la toxicité globale de l'O<sub>2</sub> pendant plusieurs jours

Numéro des jours consécutifs de plongée	Dose maximum d'OTU par jour	Dose maximum maximum d'OTU
1	850	850
2	700	1400
3	620	1860
4	525	2100
5	460	2300
6	420	2520
7	380	2660
8	350	2800
9	330	2970
10	310	3100

- Exemple d'application : J1 matin : plongée 30 m pendant 1 h (40/60) + J1 am : plongée 20 m pendant 1 h 30 (40/60)

A J2 on souhaite plonger à 35 m pendant 1 h (32/68).

Calcul des OTU :

- J1 matin :  $P_{pO_2} = 1,6 \text{ bar} \rightarrow K_p = 1,93 \rightarrow \text{dose (OTU)} = 60 \times 1,93 = 115,8$

- J1 am :  $P_{pO_2} = 1,2 \text{ bar} \rightarrow K_p = 1,32 \rightarrow \text{dose (OTU)} = 90 \times 1,32 = 118,8$

Total Jour 1  $\rightarrow$  dose (OTU) = 234,6  $\rightarrow$  pas de Pb pour la journée car le seuil est à 850.

- J2 :  $P_{pO_2} = 1,44 \text{ bar} \rightarrow K_p = 1,70 \rightarrow \text{dose (OTU)} = 60 \times 1,70 = 102 \rightarrow$  pas de problème pour la journée car le seuil est à 700.

Dose (OTU) cumulée sur 2 jours = 336,6  $\rightarrow$  Pas de problème car le seuil est à 1400.

## EQUIPEMENT DU PLONGEUR

- Matériel compatible O<sub>2</sub> pur obligatoire si [O<sub>2</sub>] > 40 %. Si concentration O<sub>2</sub> ≤ 40% : matériel du commerce
- Marquage spécifique jaune et vert

## FABRICATION DES MELANGES

- Délicate : teneur élevée en O<sub>2</sub> utiliser matériel compatible (On peut acheter ses mélanges tout faits)
- Différentes techniques : mélange par pression partielle, mélange par flux continu : les plus courantes
- Autres : mélange par le volume, mélange par le poids : beaucoup moins utilisées

### Mélange par pression partielle

- le plus courant. D'abord transfert d'O<sub>2</sub> à l'aide d'une lyre, puis on ajoute l'air avec le compresseur.

• formule :  $P_i = [ ((\%O_2 - 21) / 79) ] \times P_f$ . Avec  $P_i$  = P initiale d'O<sub>2</sub> à introduire dans le bloc, %O<sub>2</sub> = celui du Nitrox désiré et  $P_f$  = P finale en fin de chargement du bloc (200 bar)

• Exemple : (Nitrox 40/60) :  $P_i = ((40 - 21) / 79) \times 200 = 48 \text{ bar}$ , ensuite, on gonfle le bloc à l'air jusqu'à 200 bar.  $\rightarrow$

Avantage de pouvoir utiliser les tampons d'O<sub>2</sub> jusqu'à une basse pression.

- Attention aux traces d'huile, quand on ajoute de l'air ou du Nitrox à la suite de l'oxygène  $\rightarrow$  utilisation de filtres adaptés.
- Transfert à 5 bar/mn max pour éviter l'échauffement, flexibles spéciaux. Attendre 24 h pour l'homogénéisation

### Mélange par flux continu

- Très utilisé aux USA. Injection d'O<sub>2</sub> dans l'air à  $P_{atm}$  puis compression vers bloc.
- Avantages : pas besoin d'attendre 24 h pour l'homogénéisation, ajustement de la concentration d'O<sub>2</sub> en temps réel.
- Utilisation réserves d'O<sub>2</sub> jusqu'au bout car injection à  $P_{atm}$ , utilisation O<sub>2</sub> liquide (coût bas mais évaporation).

## PROCEDURE SELON L'ARRETE DU 9 JUILLET 2004

- Le fabricant inscrit sur le fût des blocs : le % d'O<sub>2</sub> du mélange, la date de l'analyse et son nom de fabricant.
- L'utilisateur final complète ces infos par : l'analyse d'O<sub>2</sub> réalisée par ses soins avant la plongée, la profondeur maximale d'utilisation du mélange, la date de l'analyse, son nom ou ses initiales.
- Le fabricant tient un registre comportant : l'identification de chaque bouteille distribuée, la pression de chargement, le résultat de l'analyse de l'oxygène, son nom + signature, et la date de l'analyse

## ORGANISATION DE LA PLONGEE AU NITROX

- Avant la plongée, définir : la profondeur maximale permise avec le Nitrox utilisé, la profondeur réelle prévue pour la plongée, la profondeur équivalente, la durée des paliers éventuels, et la courbe de sécurité du Nitrox utilisée.
- Pendant la plongée : ne pas dépasser la profondeur maximale permise, ne pas approcher cette limite, car risque si stabilisation imparfaite (N<sub>1</sub> et parfois N<sub>2</sub>), manque de précision des analyseurs O<sub>2</sub> (+/- 2%). Par exemple : Nitrox 40% en fait  $38\% \leq [O_2] \leq 42\%$  !
- Si utilisation Nitrox [O<sub>2</sub>] > 40 % : tout le matériel est spécifique O<sub>2</sub> pur + dégraissé : blocs, détendeurs, direct system, stab, vêtement sec, etc...

## CURSUS FEDERAL

- Formations Nitrox FFESSM : deux niveaux de plongeurs : plongeur Nitrox et plongeur Nitrox confirmé + un niveau de moniteur : moniteur Nitrox confirmé.  
Les formations Nitrox ne sont pas des brevets mais des qualifications

### Plongeur Nitrox

- Conditions de candidature : licence F.F.E.S.S.M, certificat médical, 14 ans minimum, Niveau 1 FFESSM ou équivalent, au moins 10 plongées dans l'espace médian
- Prérogatives : Utilisation Nitrox 40/60 au maximum + celles de leur niveau de plongeur (arrêté du 28.08.00)
- Formation : par moniteur Nitrox confirmé au cours d'un stage en milieu naturel ou fosse > 15 m, Contrôle stabilisation +++
- Contenu : C1 : gérer et utiliser son matériel. C2 : plongée en autonomie au Nitrox 40 / 60. C3 : connaissances théoriques.

### Plongeur Nitrox confirmé

- Conditions de candidature : licence F.F.E.S.S.M, certificat médical, 16 ans minimum, plongeur Nitrox FFESSM ou équivalent, niveau 2 FFESSM ou équivalent, au moins 10 plongées à l'air entre 30 et 40 m, au moins 6 plongées Nitrox dont 4 pendant la formation.
- Prérogatives : utilisation de tous mélange Nitrox, décompression à l'O<sub>2</sub> pur + celle de leur niveau (arrêté du 28.08.00)
- Formation : par moniteur Nitrox confirmé au cours d'un stage, uniquement en milieu naturel.
- Contenu : C1 : Gérer et utiliser son matériel. C2 : Plongée en autonomie au Nitrox. C3 : Connaissances théoriques.

## Moniteur Nitrox confirmé

- Licence F.F.E.S.S.M, certificat médical, 18 ans minimum, MF1 ou BEES1 + Plongeur Nitrox confirmé
- Qualification et non brevet
- Prérrogatives : encadrer et valider formations des plongeur Nitrox et plongeur Nitrox confirmé

## EQUIVALENCES FFESSM / CMAS

F.F.E.S.S.M	C.M.A.S
Plongeur Nitrox	Nitrox Diver
Plongeur Nitrox confirmé	Advanced Nitrox Diver
	Nitrox Instructor
Moniteur Nitrox	Advanced Nitrox Instructor

## BIBLIOGRAPHIE

- MANUEL DE PLONGÉE AU NITROX. Jean Louis BLANCHARD, Jean Yves KERSALE, Editions CTN FFESSM
- LA PLONGEE NITROX POUR TOUS. Cédric VERDIER, Editions SAGA
- LA PLONGEE AU NITROX. Jean Yves KERSALE
- LA PLONGEE AU NITROX. Jean Marie GARAT

# **LA PLONGEE AU TRIMIX**

**par Cédric MOMAS (MF2 FFESSM)**

**Instructeur TDI**

## **DEFINITION**

- Mélange respiratoire composé d'oxygène, d'azote et d'hélium.
- Convention : Trimix X/Y/Z : X % d'O<sub>2</sub>, Y % de N et Z % d'He.

Exemple : TX 14/50/36 = 14% d'O<sub>2</sub>, 50% de N<sub>2</sub> et 36% d'He.

## **INTERET DU TRIMIX**

- Réduction de la narcose.
- Réduction du temps de décompression.
- Réduction de la densité du mélange.
- Réduction du risque d'essoufflement.
- Contrôle de la pression partielle en oxygène.

## **INCONVENIENTS DU TRIMIX**

- Décompression plus complexe.
- Utilisation de mélanges Nitrox pour la décompression.
- Préparation et analyse des mélanges.
- Coût de l'hélium.
- Formation.
- Problème de température
- Accident de décompression plus complexe.

## **HELIUM**

- Découvert en 1868 par l'observation du soleil et la découverte de raies inconnues dans le spectre de la lumière du soleil.
- Hélios = soleil en grec
- L'hélium est le gaz le plus léger après l'hydrogène
- L'hélium est extrait du gaz naturel en recourant à la liquéfaction.
- Diffusion du gaz dans les tissus
- Loi de GRAHAM:
- L'hélium diffuse 2,645 fois plus vite que l'azote
- Les tissus saturent 2,65 fois plus vite à l'hélium qu'à l'air
- Ils désaturent également 2,65 fois plus vite.

### Caractéristiques comparées Hélium / Azote

	Hélium	Azote	
Poids moléculaire	4	28	Intervient dans la diffusion du gaz
Solubilité dans l'eau	8.6	13	Intervient dans la dissolution du gaz
Solubilité dans l'huile	15	61	
Coefficient de partage entre graisse et eau	1.7	4.7	Pouvoir narcotique du gaz
Conductivité thermique	0.156	0,0265	Intervient dans la protection thermique

### PLANIFICATION D'UNE PLONGEE

- Choisir la profondeur d'évolution
  - Définir les mélanges
  - Matériel
  - Décompression
- Préparation de la plongée
  - Matériel nécessaire
  - Procédure d'urgence

### LES MELANGES

- Toxicité de l'oxygène  
PpO<sub>2</sub> du mélange fond  
Max 1,4 ou 1,3 pour des plongées profondes  
Ex : pour une plongée sur le DONATOR 50m  
PpO<sub>2</sub> à 1,3 = 6b x % Oxygène  
→ % Oxygène = 1,3/ 6 = 21,6 %
- Recherche de l'équivalence narcotique  
On recherche en général une PEN de 30m  
PpN<sub>2</sub> = 4b x 0,79 = 3,16 à 30m  
On souhaite cette PpN<sub>2</sub> à 50m  
PpN<sub>2</sub> 3,16 = 6b x % N<sub>2</sub>  
→ %N<sub>2</sub> = 3,16 / 6 = 53% N<sub>2</sub>
- Notre mélange sera composé de :  
21% O<sub>2</sub> + 53% N<sub>2</sub> + ? % Hé = 100%  
→ ? % Hé = 100 - (21+53) = 26% Hélium  
  
d'où : choix d'un TRIMIX 21/53/26

## **Les mélanges**

- Choix des Trimix pour optimiser la déco
- 30-40-50 % ?
  - Problème de changement de gaz ?  
→ CONTRE DIFFUSION ISOBARE
- 80-100% ? O2 pour paliers :100% maxi 6 m ; 80% maxi 10 m

## **CONTRE DIFFUSION ISOBARE**

- Lors des changements de gaz le corps subit des mouvements de gaz entre les tissus et le sang.
- Un gaz va remplacer l'autre ce qui peut aboutir à un ADD.  
En plongée Tech : attention, en situation d'urgence, à la reprise du gaz fond au palier

## **LE MATERIEL**

- Volume de gaz ?
- Choix de configuration ?
- Redondance
- Règles des tiers ?

## **DECOMPRESSION**

Table logiciel ou ordinateur ?

- Les tables :
  - DCIEM (Canada)
  - Modèle SLAB du BSAC
  - DORIS (France ; difficile à utiliser ; plongée pro)
  - TDI IANTD
- Les logiciels :
  - GAP
  - DECOPLANNER
  - V-PLANNER
  - ABYSS
- Les ordinateurs :
  - HS Exploreur
  - VR3
  - NITEK 3

## **MATERIEL NECESSAIRE**

- Nombre de blocs
- Analyse des mélanges
- Marquage des blocs
- Matériel collectif
- Ligne de vie
- Station de décompression

## PROCEDURE D'URGENCE

- Concertation avec sécurité surface
- Plongeur d'assistance
- « que faire si » « what if »
  - Panne d'air
  - Panne de détendeur
  - Perte de flottabilité
  - Perte d'un ou plusieurs mélanges
  - Erreur de profondeur ou temps de plongée
  - .....
- TOUJOURS TESTER LES PROCEDURES ET NOUVELLES CONFIGURATIONS EN PLONGEE LOISIR AVEC FAIBLE PROFONDEUR
- AUGMENTER PROGRESSIVEMENT TEMPS DE PLONGEE ET PROFONDEUR D'EVOLUTION

## ASPECT REGLEMENTAIRE

- Arrêté du 9 Juillet 2004
  - Art 2 : définit les mélanges utilisables HELIOX et TRIMIX
  - Art 4: définit les pressions partielles minimales dans les mélanges 0,16 et 1,6 BAR
  - Art 19: définit le niveau du directeur de plongée qui est fonction des mélanges utilisés:
    - E3 en enseignement de 0 à 40 m
    - E3 en exploration de 40 à 70 m
    - E4 en enseignement au-delà de 40m
    - E4 en exploration au-delà de 70m
  - Art 25 : la plongée au trimix impose sur les lieux :
    - Une ligne lestée de descente et de remontée en l'absence d'autre ligne de repère
    - Blocs de secours avec des mélanges adaptés
    - Une ligne de déco adaptée à la plongée DEPLOYEE ou PRETE A ETRE DEPLOYEE d'un bateau ou d'un point fixe
    - Un support logistique ou une embarcation

## CURSUS FEDERAL

- Formations Trimix FFESSM : deux niveaux de plongeurs : Plongeur Trimix Elémentaire et Plongeur Trimix + un niveau de Moniteur : Moniteur Trimix.  
Les formations Trimix ne sont pas des brevets mais des qualifications

### Plongeur trimix élémentaire

- *Condition de candidature*
  - Licence FFESSM
  - 18 ans
  - Titulaire N III
  - Qualification NITROX CONFIRME
  - 15 plongées au-delà de 40m
  - Certificat médical par un médecin fédéral ou titulaire d'un diplôme de médecine hyperbare et/ou médecine de plongée



- Prérogatives : Profondeur max 70m
- Mélange avec :
  - au minimum 18% d'oxygène
  - au minimum 10% d' Hélium
- Validation
  - lors d'un stage ponctuel
  - par un MF2 ou BEES 2 Trimix

### **Plongeur TRIMIX**

- Conditions de candidature
  - Licence FFESSM
  - 18 ans
  - Titulaire N III
  - Qualification NITROX CONFIRME
  - Qualification PLONGEUR TRIMIX ELEMENTAIRE
  - 10 plongées TRIMIX dont 5 entre 55 et 70m et dont 5 avec remontée sur NITROX et /ou Oxygène
  - Etre titulaire d'une qualification vêtement sec
  - Certificat médical par un médecin fédéral ou titulaire d'un diplôme de médecine hyperbare et/ou médecine de plongée
- Prérogatives
  - Profondeur max 120m
  - Utiliser tous les mélanges TRIMIX, NITROX et l'O2 pur
- Validation
  - Lors d'un stage ponctuel
  - Par un MF2 Trimix ou BEES 2 Trimix

### **Moniteur TRIMIX**

- Conditions de candidature
  - Licencié FFESSM
  - 18 ans
  - MF1 / BEES1 ou MF2 / BEES2
  - Qualification Plongeur Trimix ou titre équivalent
  - Certificat médical par un médecin fédéral ou titulaire d'un diplôme de médecine hyperbare et/ou médecine de plongée
- Prérogatives
  - E3 TRIMIX
    - Utiliser tous les mélanges TRIMIX, NITROX et l'O2 pur
    - Enseigner dans la zone de 40 m maxi
  - E4 TRIMIX
    - Utiliser tous les mélanges TRIMIX, NITROX et l'O2 pur
    - Enseigner dans la zone de 80 m maxi
    - Valider et organiser des stages Trimix élémentaire et qualification Trimix.

# LES RECYCLEURS

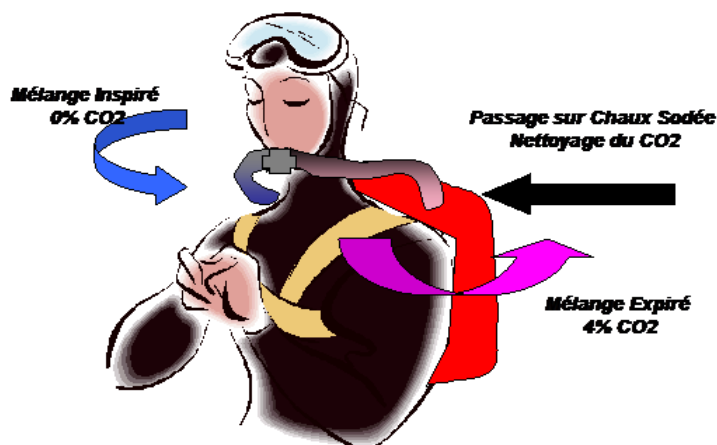
## Petite introduction, par Renaud JOURDAN (I.R, Comité EST FFESSM)

Les appareils de plongée à recyclage de gaz, ou recycleurs, ont depuis longtemps servi à des plongées utiles, et souvent même dangereuses : des plongées militaires pour les nageurs de combats, ou industrielles pour les constructions sous-marines et l'exploration pétrolière offshore. Mais, depuis une dizaine d'années, des appareils destinés à la plongée loisir apparaissent sur le marché.

Pourtant, si l'on regarde autour de nous lors d'une sortie plongée, on s'aperçoit que les plongeurs recycleurs sont encore peu nombreux.

On peut s'interroger sur l'intérêt de la plongée au recycleur qui impose une préparation et des procédures plus lourdes que la plongée en circuit ouvert. Et pourtant, grâce aux nouveaux appareils spécialement conçus pour une utilisation loisir avec des mélanges Nitrox, il apparaît que pour le plongeur curieux d'essayer, la plongée au recycleur est véritablement une plongée **différente** et les sensations rencontrées y sont incomparables.

- Peu ou pas de bulles, donc immersion discrète favorisant l'approche de la faune.
- Utilisation de mélange Nitrox, diminuant les problèmes de décompression.
- Respiration d'un mélange suroxygéné, humide et chaud.
- Autonomie plus importante.



## QUEL RECYCLEUR POUR LA PLONGEE LOISIR ?

Zone Evolution	Recycleurs	Types	Remarques
0 - 7 mètres	Oxygers Castoro C96	CCR CCR	Militaire Fabrication OMG - Italie
0 - 30 mètres	Ray	SCR	Mélange 40% (avec injecteur Draeger 40%) Limité par pression moyenne détenteur (9 bars)
0 - 40 mètres	Dolphin Azymuth Submatix	SCR SCR SCR	Nitrox 36%. Limite P Moyenne (11 bars) Norme CE – Nitrox 0 - 40 mètres. Fabrication Allemande – pas encore norme CE
0 - 55 mètres	DC-55 Inspiration Voyager	SCR RMV MGCCR SCR	Militaire. Nitrox 32% max 55 mètres. Norme CE – Nitrox 0 - 45 mètres Aquatek Italie (formation incluse dans vente) CE
0 - 65 mètres	Inspiration	MGCCR	Norme CE 0 - 100 mètres au Trimix

Notes : CCR = Closed Circuit Rebreather ou Recycleur Circuit Fermé.

SCR = Semi Closed Rebreather ou Recycleur Circuit Semi-fermé.

SCR RMV = Recycleur Circuit Semi-fermé asservi à la respiration du plongeur.

MGCCR = Mixed Gas Closed Circuit Rebreather ou Recycleur Circuit Fermé à gestion électronique.

- Le Dolphin et le Ray de Draeger sont des recycleurs complets et ultra-sécurisés. Les débits des injecteurs sont très élevés afin de supprimer quasiment le risque hypoxique. De plus, il y a des pièges à eau qui protègent la cartouche de chaux et permettent d'éviter un retour de chaux en cas d'inondation. Ces recycleurs à la norme CE sont parfaitement adaptés pour l'initiation et la formation à la plongée au recycleur.
- Pour des recycleurs comme le Dolphin, le Ray ou le Submatix, il existe un injecteur spécifique pour chacune des concentrations d'oxygène suivantes : 32%, 40%, 50%, 60% et 100%. Ceux ci permettent d'augmenter le domaine d'utilisation et/ou de faire varier l'autonomie tout en gardant les marges de sécurité mises en place (Draeger garantit que pour une  $VO_2$  max de 3 litres/minute, le mélange inspiratoire contient toujours plus de 17% d'oxygène.
- L'AP Valves Inspiration, et bientôt l'Evolution sont les seuls recycleurs à gestion électronique fabriqués et disponibles en Europe. L'Inspiration est un appareil complexe du fait de sa gestion de la composition du mélange respiré par 3 capteurs  $O_2$  et 2 microprocesseurs. Ce système qui contrôle l'ouverture et la fermeture d'un solénoïde placé sur l'alimentation du circuit inspiratoire en  $O_2$  est incompatible avec la moindre trace d'humidité qui risque d'en fausser le fonctionnement. Cet appareil a reçu la norme CE pour utilisation Nitrox de 0 à 45 mètres ainsi que pour utilisation Trimix ou HélioX de 0 à 100 mètres. Le système électronique maintient automatiquement la pression partielle d'oxygène dans le mélange inspiratoire à une valeur comprise entre 1 et 1,4 bars, fixée par le plongeur. Pour la plongée profonde, un gaz diluant à très faible concentration en oxygène est utilisé. L'intérêt d'une valeur élevée de  $PpO_2$ , en dépit du risque hyperoxique est de réduire la saturation en diluant et ainsi d'effectuer moins de paliers de décompression tout en respirant un mélange suroxygéné (100%  $O_2$  au palier de 3m). L'autonomie de l'appareil dans sa configuration commerciale est de plus de 3 heures. C'est un appareil assez facile à utiliser mais qui demande beaucoup de vigilance dans la phase de préparation et de calibration comme lors de l'immersion. Le système de mesure de la pression partielle d'oxygène est le talon d'Achille de ce recycleur. Une attention toute particulière doit donc y être apportée et un remplacement périodique est indispensable.

## SECURISATION DES RECYCLEURS

Lorsque l'on plonge au recycleur, deux types de problèmes d'ordre matériel peuvent survenir :

- Inondation du système, suite à une rupture de pièce ou d'un joint.
- Arrêt de l'injection de gaz par rupture de joints, colmatage d'un injecteur, erreur de gonflage ou mauvais fonctionnement du système de contrôle électronique.

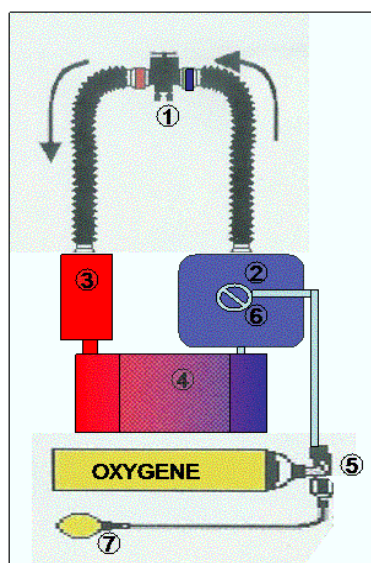
Dans les deux cas, le plongeur qui dispose d'un système d'alarme se retrouve alors dans l'incapacité de respirer sur le recycleur. Son autonomie est alors considérablement réduite dans la mesure où les recycleurs sont équipés de bloc de 4 à 6 litres et de système de Bail Out de 2 à 3 litres. En circuit ouvert, cela correspond à une autonomie de l'ordre de 10 à 15 minutes. Ainsi. Il faut donc s'équiper d'un système de secours qui doit toujours correspondre à la plongée effectuée. En cas de panne du recycleur, en fin de plongée, le Bail Out doit permettre d'effectuer, avec une marge de sécurité, la remontée ainsi que la décompression.

## LES DIFFERENTS PRINCIPES DE RECYCLEURS

### Recycleur Circuit Fermé O<sub>2</sub> (Closed Circuit Rebreather)

L'utilisation de l'oxygène pur permet d'avoir un système qui ne génère aucune bulle et quasiment aucune perte de gaz. Il n'y a pas de gaz inerte dans le circuit respiratoire, donc pas de risque de d'accident de décompression. En contrepartie, l'utilisation de ces recycleurs est limitée à une profondeur de 6 mètres.

L'oxygène est consommé par l'organisme et le gaz carbonique résultant de la respiration est absorbé par réaction chimique sur la chaux sodée. Grâce aux soupapes ou valves de non retour placées (en général) au niveau de l'embout, le gaz circule du sac inspiratoire au poumon du plongeur, puis des poumons au sac expiratoire et à la cartouche de chaux. Le gaz débarrassé du CO<sub>2</sub> repasse ensuite dans le sac inspiratoire. Au rythme de la consommation du plongeur, la quantité d'oxygène dans le circuit diminue. Afin de maintenir le volume du sac inspiratoire constant, l'oxygène est alors injecté dans le sac.



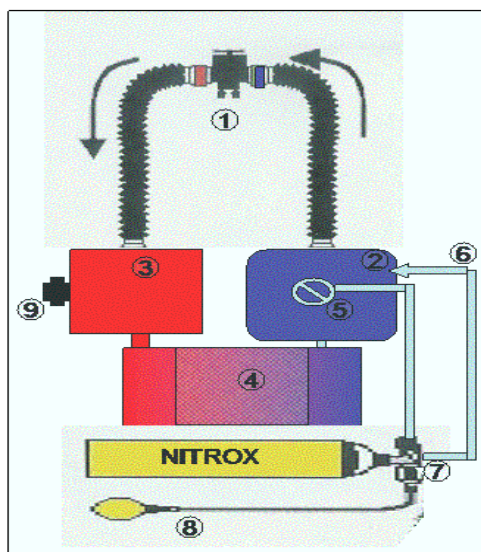
### Légende : Circuit Fermé O<sub>2</sub> (CCR)

- 1- Tuyaux annelés et embout buccal
- 2- Sac Inspiratoire
- 3- Sac Expiratoire/ Piège à eau
- 4- Cartouche de Chaux Sodée
- 5- Détendeur 1<sup>er</sup> Etage
- 6- Injecteur à la demande (2eme Etage)
- 7- Manomètre

## Recycleur Circuit Semi Fermé Nitrox (Semi Closed Rebreather) avec injection continue de gaz

Le mélange Nitrox, permet d'utiliser les recycleurs semi-fermés à des profondeurs supérieures aux systèmes circuit fermé O<sub>2</sub> en diminuant le risque hyperoxique.

Le principe reste le même, le plongeur inspire le mélange du sac inspiratoire et le rejette dans le sac expiratoire et la cartouche de chaux sodée pour l'absorption du CO<sub>2</sub>. Ce mélange à concentration O<sub>2</sub> plus faible repart dans le sac inspiratoire. Afin d'éviter que le mélange inspiratoire ne continue à s'appauvrir et pour que le % O<sub>2</sub> reste constant (ou à peu près, selon la fréquence respiratoire du plongeur), un injecteur à flot massique envoie du mélange frais en continu durant la plongée. Ce système injecte une quantité massique d'oxygène constante (correspondant généralement à 3 fois la consommation moyenne O<sub>2</sub> du plongeur) grâce à un système de buse conique qui limite le nombre de molécules traversant le cône. Le débit massique restant constant, le volume de gaz injecté diminue lorsque la profondeur augmente. Ce type de recycleur est donc beaucoup plus confortable au delà de 10 mètres que proche de la surface. La fraction d'oxygène du mélange inspiratoire reste assez stable à environ 80% de la valeur du mélange bouteille. Du fait d'un excès de gaz injecté par rapport à la consommation du plongeur et afin de garder constante la fraction d'oxygène dans le circuit, le sac expiratoire est équipé d'une soupape de surpression, de faible tarage (entre 18 et 25 mbars), qui permet au gaz excédentaire de s'échapper lors de la plongée. Ce recycleur génère donc des bulles lors de l'immersion, notamment à faible profondeur. Ce type de recycleur permet d'atteindre des profondeurs de l'ordre de 50 mètres, mais a le désavantage de ne pas permettre une utilisation optimale du gaz embarqué, du fait de débit d'injection très supérieur à la consommation du plongeur.

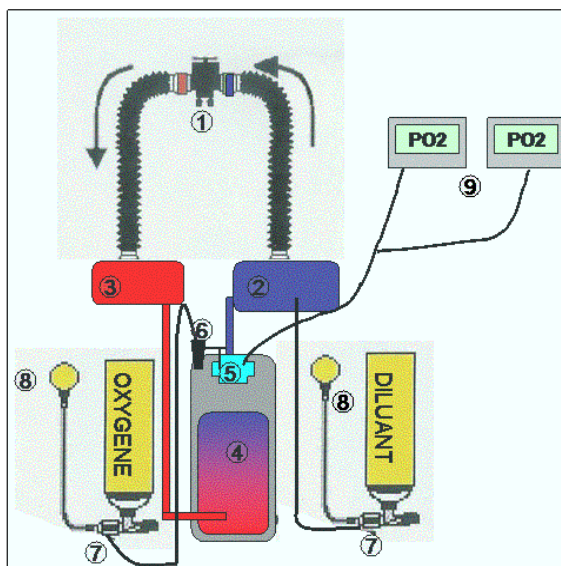


### Légende : Circuit semi fermé Nitrox

- 1 - Tuyaux annelés et embout buccal
- 2 - Sac inspiratoire
- 3 - Sac Expiratoire/Piège à eau
- 4 - Cartouche de chaux sodée
- 5 - Injecteur à la demande (2eme étage)
- 6 - Injecteur débit continu (Flot massique)
- 7 - Détendeur premier étage
- 8 - Manomètre
- 9 - Soupape de surpression

Ces recycleurs ont pour principe de maintenir une fraction constante d'oxygène dans le circuit respiratoire. Cette fraction est de l'ordre de 80% du mélange bouteille pour une consommation d'oxygène moyenne. Donc lorsque la profondeur augmente, la pression partielle d'oxygène augmente proportionnellement. Lorsqu'elle atteint une valeur de 1.6 bars, le plongeur doit stopper sa descente et limiter sa profondeur.

## Recycleur circuit fermé à PpO2 constante par mélange de gaz et régulation électronique (MGC)



### Légende : Circuit fermé MGCCR

- 1 - Tuyaux annelés et embout buccal
- 2 - Sac inspiratoire
- 3 - Sac Expiratoire/Piège à eau
- 4 - Cartouche de chaux sodée
- 5 - Cellules de mesure de PpO2
- 6 - Solénoïde d'injection O2
- 7 - Détendeur premier étage
- 8 - Manomètre
- 9 - Ordinateur de contrôle de PpO2

Les recycleurs circuit fermé à mélange de gaz peuvent, en théorie, permettre d'atteindre plusieurs centaines de mètres, car ils fonctionnent sur le principe d'une pression partielle d'oxygène constante. Une bouteille d'oxygène et un système d'injection vont permettre de fournir l'oxygène nécessaire au plongeur et de maintenir constante la pression partielle O<sub>2</sub> dans le circuit. Une deuxième bouteille de diluant, type Nitrox, HélioX ou Trimix en fonction des profondeurs d'utilisation, est utilisée pour maintenir le volume du système. Le diluant est composé de manière à être respirable à la profondeur maximale prévue. Lors de la descente, la composition du gaz respiré évolue en permanence, de façon à maintenir une pression partielle d'oxygène fixée par le plongeur entre 1 et 1,4 bars. A la sortie de la cartouche de chaux, un ensemble de trois cellules permet de connaître la pression partielle d'O<sub>2</sub> et envoie cette information à deux ordinateurs se contrôlant mutuellement. Ces ordinateurs pilotent ensuite le fonctionnement du solénoïde d'injection d'oxygène en fonction de la consigne entrée par le plongeur. Le diluant est ajouté soit par un système de By-pass, ou manuellement par le plongeur de façon à maintenir le volume du circuit constant ou à diminuer une PpO<sub>2</sub> excessive suite à un mauvais fonctionnement de l'injecteur O<sub>2</sub>.

Ce principe permet d'injecter uniquement la quantité d'oxygène consommée par le plongeur. Ce type de recycleur est totalement silencieux et ne génère aucune bulle, tout en permettant d'évoluer à très grande profondeur.

Ce type de système peut être utilisé entre 0 et 45 mètres en utilisant de l'air comme diluant. Au delà de cette profondeur, l'utilisation de ces appareils implique de bien connaître les contraintes liées aux mélanges hypoxiques de type HélioX ou Trimix (fabrication, analyse, décompression) et d'avoir suivi une formation spécifique de façon à savoir réagir en cas de défaillance du système de contrôle de la PpO<sub>2</sub>. Le Buddy Inspiration est homologué suivant la norme CE pour une profondeur maximum de 45 mètres avec diluant air et pour une utilisation entre 50 et 100 mètres avec diluant Trimix.

## ASPECT REGLEMENTAIRE

Dans le cadre de l'activité au sein d'un club FFESSM, tous les plongeurs sans bulle sont les bienvenus !

Il convient cependant de se conformer au dernier arrêté sur la plongée mélanges et recycleur.

**Arrêté du 9 Juillet 2004 relatif aux règles techniques et de sécurité dans les établissements organisant la pratique et l'enseignement des activités sportives et de loisir en plongée autonome aux mélanges autres que l'air.**

- La pratique du recycleur semi-fermé (Ray, Dolphin, Submatix, DC-55) est abordable dès le Niveau 1 et une qualification Nitrox FFESSM correspondant au mélange utilisé (entre 21 et 40 % le NITROX base est suffisant). Pour pratiquer, le plongeur doit avoir reçu une formation sur ce type d'appareil. Ses prérogatives sont celles de son niveau de plongée, ses limites, celles du mélange utilisé. Pour les appareils circuit fermé (Inspiration, Oxygers), le niveau minimum est Niveau 3 et les qualifications mélanges correspondantes (dans ce cas Nitrox confirmé car de l'O<sub>2</sub> pur est utilisé).
- Le recycleur doit être à la norme en vigueur (CE) et équipé d'un moyen de mesure de la PpO<sub>2</sub>. La PpO<sub>2</sub> doit être toujours comprise entre 0.16 et 1.6 bars. Pour des plongées au delà de 6 mètres, le recycleur doit être équipé d'une sortie de secours en circuit ouvert (séparée ou liée à la réserve de gaz du recycleur). Les recycleurs plus anciens peuvent être utilisés, dans la mesure où le reste de la palanquée est équipé de recycleurs aux normes en vigueur.
- Le guide de palanquée recycleur doit avoir un système de secours INDEPENDANT (donc une bouteille bailout équipée de 1 ou 2 détendeurs).
- Le Directeur de Plongée Nitrox/Recycleur est minimum E3 et NITROX pour l'enseignement et l'exploration (pas de P5 Nitrox désolé !) ou E3 et TRIMIX si des mélanges de ce type sont utilisés.

Ce nouvel arrêté est donc extrêmement favorable au développement de la pratique loisir du recycleur. De même des cursus de formation FFESSM devraient très rapidement voir le jour.

La pratique loisir du recycleur au sein de la FFESSM est donc désormais une réalité !

# **LES ACCIDENTS AU TRIMIX ET RECYCLEUR**

**Par Bernard SCHITTLY (MF2 FFESSM)**  
**Médecin fédéral**

## **LES ACCIDENTS AU TRIMIX**

### **Les accidents toxiques :**

Hyperoxie  
Hypoxie  
Essoufflement  
Narcose

### **Les ADD**

OAM  
Cochléo-vestibulaires

### **L'Hyperoxie**

C'est la même que pour les accidents au Nitrox  
Souvent la phase convulsive est très brève :  
Quelques soubresauts et perte de connaissance.  
Décès par noyade et œdème cérébral  
Favorisé par :  
Médicaments (Zyban, Neuroleptiques, Anti déprimeurs ...)  
Essoufflement (CO2)  
ATCD de Trauma crânien ou de convulsions ...

### **C. à T. et prévention**

Remonter pour soustraire à l'hyperoxie (diminution de la ppO2)  
Risque de SP à la remontée  
Respect des CI, notamment si prise de médicaments  
Attention aux traumatismes crâniens  
Respect strict de la profondeur  
Bien marquer les détendeurs pour éviter toute confusion dans leur utilisation.

### **L'hypoxie**

Syncope souvent décrite comme étant à l'emporte-pièce  
Ceci est vrai chez l'apnéiste pas chez le plongeur autonome  
On sent venir l'hypoxie : Hypersudation, angoisse, polypnée, nausées, fourmillements diffus, impression d'étouffer ...  
Puis perte de connaissance.



## **C. à T.**

Changement de gaz

Remonter

Si possible avec le détendeur de secours du plongeur d'assistance.

Mise sous Oxygène.

## **Prévention**

Respect strict de la planification de la plongée

Lors de l'immersion, avec un Trimix hypoxique, prendre le bon mélange jusqu'à la profondeur d'utilisation du Trimix

Bien marquer les détendeurs pour éviter toute confusion dans leur utilisation.

## **L'hypercapnie**

Ou essoufflement.

Impose une bonne condition physique

Avec le Trimix la respiration est plus facile, donc moins d'effort respiratoires à faire

Moins de pouvoir narcotique, donc moins d'essoufflement

Situation de danger ...

## **La narcose**

Ne doit en principe pas survenir

Si le mélange est bien choisi en fonction de sa profondeur

Favorisé par l'essoufflement

Signes classiques de narcose

Normalement, l'avantage du Trimix est de plonger « lucide »

## **Les accidents de décompression**

Peu fréquents

Très spécifiques :

OAM

Cochléo-vestibulaires

## **Les accidents OAM**

Douleur progressivement croissante d'une articulation, sans notion de traumatisme

Ce sont toujours des grosses articulations : épaule, genou

Non calmée par le repos

Survenant souvent très rapidement après la plongée

Favorisé par l'effort

Dus à la présence de bulles dans les tendons ou le liquide articulaire.

Le traitement est classique :

O<sub>2</sub>

Hydratation

Aspirine

Puis évacuation vers le caisson.

## **Les accidents cochléo-vestibulaires**

Egalement très spécifiques

Dus à la présence de bulles dans l'oreille interne : cochlée et vestibule

Les signes apparaissent très vite, souvent dans l'eau, au palier ou rapidement sur le bateau.

## **Les signes**

Vertiges  
Vomissements  
Nausées  
Pertes d'audition  
Angoisse  
Favorisé par l'effort, vitesse de remontée ...

## **C. à T.**

Comme dans tout ADD :  
Oxygène  
Pas d'hydratation par voie orale (vomissements) ni d'aspirine, perfusion ...  
Caisson  
Tendance à la récurrence.

## **LES ACCIDENTS AU RECYCLEUR**

On retrouve tous les accidents du Trimix  
Avec un risque accru pour l'essoufflement  
En raison d'un mauvais usage de la chaux sodée  
Une des sources d'accident est l'achat d'un recycleur par Internet  
Et son utilisation sans formation spécifique

### **Noyade à la chaux**

Plongée de formation sur Recycleur Draeger  
1° erreur : Oubli de fermeture de la pièce buccale pendant l'équipement et l'ajustement du matériel  
2° erreur : non signalement du fait  
Perception immédiate de bruits hydro-aériques lors des premières respirations  
3° erreur : poursuite de la plongée  
Essai de rester vertical pendant la plongée (pour éviter la remontée de la « soupe » de chaux)  
4° erreur : Après 20' de plongée, mouvement tête en bas

### **Inhalation de chaux**

1° inhalation avec une petite irruption trachéale.  
Déclenchement d'une toux qui provoque une deuxième inhalation avec déglutition réflexe (comme dans une vraie noyade)  
Donc contact du liquide au niveau  
Trachéal  
Pharyngé

## **C. à T.**

Fermer la pièce buccale  
Passer sur le circuit de secours  
Rincer la bouche (à l'eau douce ou salée) le plus souvent possible pour diluer le caustique (toutes les 1 ou 2 minutes)  
Fin de plongée, sortir de l'eau  
Continuer le rinçage avec ce qui est disponible (pas d'alcool !)

## **Symptômes**

Odeur âcre, mais peu de gêne respiratoire immédiate  
Goût très âcre, voire affreux ...  
Sensation de brûlure de la gorge  
Cette gorge irritée fait tousser, provoque un larmoiement et un écoulement nasal.  
En raison du goût : nausées ...

### **Evolution**

Après le retour en surface, gorge sèche et qui pique.  
Tous les liquides de rinçage piquent beaucoup, mais les boissons sucrées permettent d'atténuer le (mauvais) goût.  
La gorge reste très douloureuse pendant 3 heures, avec douleurs lors des prises de boissons.  
Puis atténuation de cette sensation pharyngée avec juste la langue qui pique pendant 10 H (la langue était un peu « dépapillée »)  
Persistance d'une petite gêne pharyngée pendant les 10 H suivantes.  
Disparition de tous les signes en moins de 24 H.  
Analyse du pH de la solution : > 8,5.

### **CONCLUSIONS**

Priorité à la prévention :  
Fermeture de la pièce buccale  
Passage sur circuit de secours dès la perception des bruits hydro-aériques  
Sinon, en cas d'accident :  
Pas de panique,  
Passage sur circuit de secours  
Rincer abondamment la bouche